

ADAMS & WILKS

ATTORNEYS AND COUNSELORS AT LAW

50 BROADWAY

31st FLOOR

NEW YORK, NEW YORK 10004



BRUCE L. ADAMS
VAN C. WILKS

JOHN R. BENEFIEL
PAUL R. HOFFMAN
TAKESHI NISHIDA
FRANCO S. DE LIGUORI

* NOT ADMITTED IN NEW YORK
* REGISTERED PATENT AGENT

RIGGS T. STEWART
(1924-1993)

TELEPHONE
(212) 809-3700

FACSIMILE
(212) 809-3704

August 13, 2004

COMMISSIONER FOR PATENTS
Washington, DC 20231

Re: Patent Application of Sumio KOIWA

Serial No. 09/638,194

Filing Date: August 11, 2000

Examiner: Johannes P. Mondt

Group Art Unit: 2826

Docket No. S004-4061 (RCE)

S I R:

The above-identified application was filed claiming the right of priority based on the following foreign application(s).

- | | |
|---|------------------------|
| 1. Japanese Patent Appln. No. 11-295840 | filed October 18, 1999 |
| 2. Japanese Patent Appln. No. | filed |
| 3. Japanese Patent Appln. No. | filed |
| 4. Japanese Patent Appln. No. | filed |
| 5. Japanese Patent Appln. No. | filed |
| 6. Japanese Patent Appln. No. | filed |
| 7. Japanese Patent Appln. No. | filed |
| 8. Japanese Patent Appln. No. | filed |
| 9. Japanese Patent Appln. No. | filed |
| 10. Japanese Patent Appln. No. | filed |
| 11. Japanese Patent Appln. No. | filed |

Certified copy(s) are annexed hereto and it is requested that these document(s) be placed in the file and made of record.

MAILING CERTIFICATE

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service as first-class mail in an envelope addressed to: COMMISSIONER OF PATENTS & TRADEMARKS, Washington, DC 20231, on the date indicated below.

DEBRA BUONINCONTRI

Name

Debra Buonincontri

Signature

AUGUST 13, 2004

Date

BLA: db
Enclosures

Respectfully submitted,

ADAMS & WILKS
Attorneys for Applicant(s)

By:

Bruce L. Adams
Bruce L. Adams
Reg. No. 25,386

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
る事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
this Office.

願 年 月 日
Date of Application:

1999年10月18日

願 番 号
Application Number:

平成11年特許願第295840号

願 人
Applicant(s):

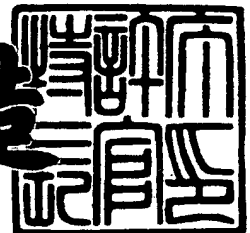
セイコーインスツルメンツ株式会社

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2000年 8月11日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及川耕造



【書類名】 特許願

【整理番号】 99000635

【提出日】 平成11年10月18日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 31/10

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 セイコーインス
ツルメンツ株式会社内

【氏名】 小岩 進雄

【特許出願人】

【識別番号】 000002325

【氏名又は名称】 セイコーインスツルメンツ株式会社

【代表者】 服部 純一

【代理人】

【識別番号】 100096286

【弁理士】

【氏名又は名称】 林 敬之助

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008246

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9003012

【プルーフの要否】 不要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 フォトダイオード

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 第一導電型半導体領域と、前記第一導電型半導体領域表面に形成された複数の第二導電型半導体層を有し、前記第一導電型半導体領域と複数の前記第二導電型半導体層とにより、光信号を検出してその光電変換信号を出力する光検出部分が構成されているフォトダイオードにおいて、前記第二導電型半導体層間の前記第一導電型半導体領域の表面が除去されていることを特徴とするフォトダイオード。

【請求項 2】 前記第一導電型半導体領域表面に形成した前記第二導電型半導体層間距離は、逆バイアス印可により形成される横方向空乏層幅の 0.5 ～ 2 倍であることを特徴とする請求項 1 記載のフォトダイオード。

【請求項 3】 前記第二導電型半導体層間の前記第一導電型半導体領域の表面除去はウェットエッチング法を用いていることを特徴とする請求項 1 記載のフォトダイオード。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】

本発明はフォトダイオード、特にフォトダイオードの短波長域光感度を改善するための構造に関する。

【0002】

【従来技術】

従来、フォトダイオードは光検出素子として、例えば光ピックアップの信号検出素子として用いられている。近年、光ディスクの高容量化のため青光や青紫光での短波長半導体レーザーによる光ディスク読み出しが提案されている。よって、フォトダイオードの短波長域光感度が非常に重要になる。

【0003】

図 2 は従来フォトダイオードの断面図である。

図 2 において、第一導電型半導体領域 1、例えば N 型シリコン半導体基板と、

第一導電型半導体領域 1 表面に形成された第二導電型半導体層 2、例えば P 型拡散層とによりフォトダイオードが構成されている。前記フォトダイオード上には反射防止膜 5、例えば酸化膜が形成されている。第一導電型半導体領域 1 と第二導電型半導体層 2 とは逆バイアス印可されており、逆バイアス印可されたことにより形成された空乏層 3 に光を照射すると空乏層 3 内に光信号が発生する。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

図 2 におけるフォトダイオードの第二導電型半導体層 2 深さは検出する波長により最適化されており、例えば波長 800 nm 程度の赤色光を検出する場合、第二導電型半導体層 2 深さは 3 μ m 程度にしている。波長 400 nm 程度の青色や青紫色の光を検出する場合、波長 400 nm 程度の光はシリコンに吸収されやすく 1 μ m 程度でほとんど吸収されてしまうので、従来のフォトダイオードにおいて波長 400 nm 程度の短波長の光を検出するには第二導電型半導体層 2 深さを 1 μ m 以下にすることが必要である。しかし、従来のフォトダイオードは第二導電型半導体層 2 深さを 1 μ m 以下に制御することが難しいため、短波長域での光感度が悪いという課題があった。

【0005】

また、図 3 に示すフォトダイオードのように複数の第二導電型半導体層 2 を形成すれば、第二導電型半導体層 2 a 及び 2 b 間の第一導電型半導体領域表面に空乏層 3 が形成されるため短波長域の光感度は向上する。しかし、第二導電型半導体層 2 a 及び 2 b 間の第一導電型半導体領域表面には界面準位 4 が形成されており、第二導電型半導体層 2 a 及び 2 b 間の空乏層 3 内で発生した光信号が界面準位 4 にトラップされるため、光感度が低下しリーク電流が増大するという課題があった。

【0006】

本発明は以上のような点に着目してなされたもので、従来のフォトダイオードよりも短波長域での光感度をリーク電流を増大させることなく向上することが可能となるフォトダイオードを提供することを目的としている。

【0007】

【課題を解決するための手段】

本発明は上記の課題を解決するために、第一導電型半導体領域と、前記第一導電型半導体領域表面に形成された複数の第二導電型半導体層を有し、前記第一導電型半導体領域と複数の前記第二導電型半導体層とにより、光信号を検出してその光電変換信号を出力する光検出部分が構成されているフォトダイオードにおいて、前記第二導電型半導体層間の前記第一導電型半導体領域の表面を除去した。このように、前記第二導電型半導体層間の前記第一導電型半導体領域の表面を除去したことにより、前記第二導電型半導体層間の前記第一導電型半導体領域表面の界面準位が除去される。

【0008】

また、前記第一導電型半導体領域の除去をウェットエッチング法を用いたことにより、エッチングダメージによる界面準位を生成すること無く除去できる。

【0009】

【発明の実施の形態】

本発明のフォトダイオードにおいて、第一導電型半導体領域表面に複数の第二導電型半導体層を形成する。

前記第一導電型半導体領域と前記第二導電型半導体層により構成されたフォトダイオードは、逆バイアス印可されると、バイアス電圧に対応して空乏層が広がる。前記空乏層は縦方向だけでなく横方向にも広がるため、前記第一導電型半導体領域表面にも空乏層が形成され、短波長域の光感度が向上する。この時、各第二導電型半導体層は同電位としているので前記第二導電型半導体層間距離は空乏層幅の2倍程度とすると、隣り合った前記第一導電型半導体領域と第二導電型半導体層とにより形成されるフォトダイオードの空乏層が丁度接触するので効率が良い。

【0010】

さらに、前記第二導電型半導体層間の前記第一導電型半導体領域において、前記第一導電型半導体領域表面には界面準位が形成されており、前記界面準位を除去することによりフォトダイオードの光感度に大きな影響を与えること無くリーク電流を抑制できる。

また、前記第一導電型半導体領域表面の界面準位除去をウェットエッチング法を用いるとエッチングダメージによる界面準位が生成すること無く除去できる。

【0011】

【実施例】

以下に、本発明の実施例を図面に基づいて説明する。図1は本発明のフォトダイオードの第一の実施例を示す模式的断面図である。

図1において、第一導電型半導体領域1、例えばN型のシリコン半導体基板表面に複数の第二導電型半導体層2a及び2b、例えばP型の不純物拡散層を形成する。第一導電型半導体領域1と第二導電型半導体層2a及び2bは逆バイアスされ空乏層3が形成される。複数の第二導電型半導体層2a及び2bは導通しており、第二導電型半導体層2a及び2bは同電位である。

また、第二導電型半導体層2a及び2b間の第一導電型半導体領域1表面の界面準位はウェットエッチング法、例えばKOH、EPW（エチレンジアミンピロカテコール&ウォーター）、TMAH（テトラメチルアンモニウムハイドロオキシド）、 $\text{HF} + \text{HNO}_3$ 等のシリコンエッチング液を用いたウェットエッチングにより除去される。第一導電型領域1表面の界面準位除去は、少なくとも第二導電型半導体層2a及び2b間に行えば良いことは言うまでもない。

【0012】

本発明は各導電型を逆極性にしても良いということは言うまでもない。例えば、第二導電型半導体領域に複数の第一導電型半導体層を形成し、前記第一導電型半導体層間の前記第二導電型半導体領域表面の界面準位をウェットエッチング法を用いて除去する。

さらに、本発明は第二導電型半導体層間は1つだけでなく、複数形成しても良いということは言うまでもない。

【0013】

【発明の効果】

上述したように本発明によるフォトダイオードにおいて、以下に記載されるような効果を奏する。

第一導電型半導体領域表面に複数の第二導電型半導体層を形成し、前記第一導

電型半導体領域と前記第二導電型半導体層に逆バイアス印可することにより、前記第二導電型半導体層間の前記第一導電型半導体領域表面に空乏層が形成され短波長域の光感度が増大する。

【0014】

さらに、前記第二導電型半導体層間距離を逆バイアスにより形成される横方向空乏層幅の0.5～2倍とすることにより、隣り合った前記第一導電型半導体領域と第二導電型半導体層とにより形成されるフォトダイオードの空乏層が接触するため面積効率良く光信号を検出することが可能となる。

また、前記第二導電型半導体層間の第一導電型半導体領域表面の界面準位を除去することにより、光感度にほとんど影響与えることなくリーク電流を抑制することができる。

【0015】

そして、前記第二導電型半導体層間の第一導電型半導体領域表面の界面準位除去をウェットエッチング法を用いることにより、エッチングダメージによる界面準位が生成されることなく除去できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明のフォトダイオードを示す模式的断面図である。

【図2】

従来のフォトダイオードを示す第二の模式的断面図である。

【図3】

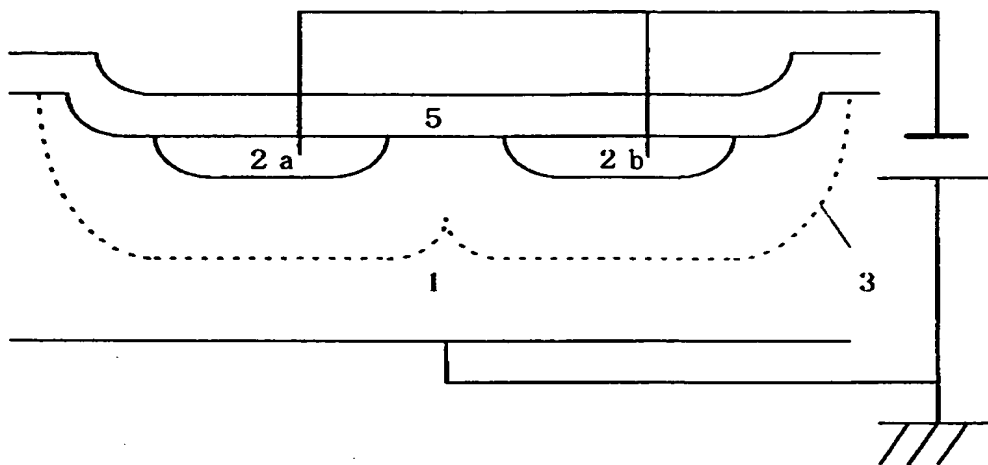
従来のフォトダイオードを示す第一の模式的断面図である。

【符号の説明】

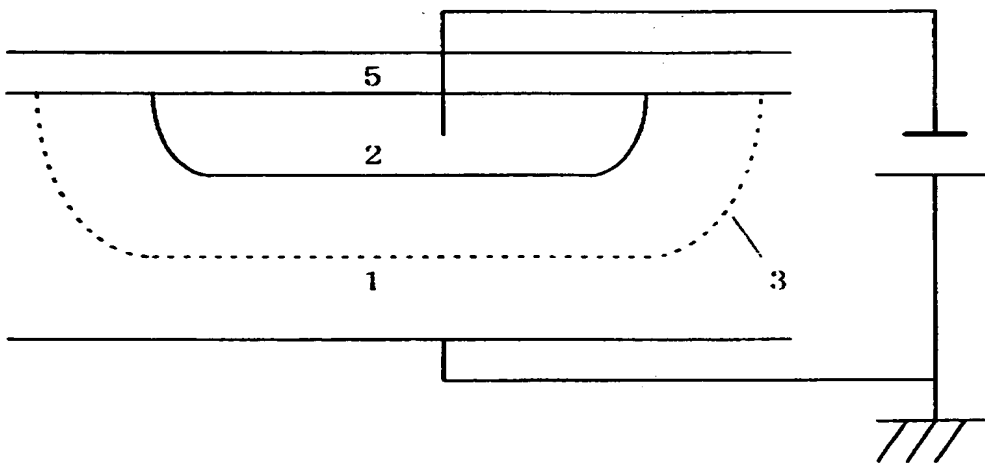
- 1 N型半導体基板
- 2 P型不純物拡散層
- 2 a、2 b P型不純物拡散層
- 3 空乏層
- 4 界面準位
- 5 反射防止膜

【書類名】 図面

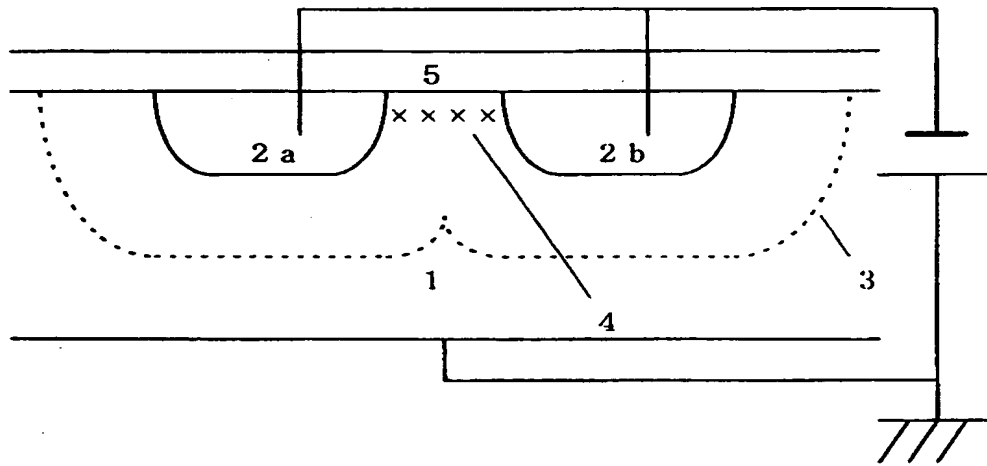
【図 1】



【図 2】



【図3】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 短波長域での光感度をリーク電流を増大させること無く向上することが可能となるフォトダイオードを提供することを目的としている。

【解決手段】 第一導電型半導体領域 1 表面に複数の第二導電型半導体層 2 a 及び 2 b を形成し、第二導電型半導体層 2 a 及び 2 b 間の第一導電型半導体領域 1 表面を除去する。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000002325]

1. 変更年月日	1997年 7月23日
[変更理由]	名称変更
住 所	千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地
氏 名	セイコーインスツルメンツ株式会社